

RŮST DOUGLASKY TISOLISTÉ V MLAZINÁCH V ZÁVISLOSTI NA VÝCHOVĚ A KONKURENČNÍM TLAKU BOROVICE LESNÍ NA ŽIVINOVĚ CHUDŠÍCH STANOVIŠTÍCH

GROWTH OF YOUNG DOUGLAS-FIR STANDS IN RELATION TO THINNING AND COMPETITIVE PRESSURE FROM SCOTS PINE ON NUTRIENT-POOR SITES

DAVID DUŠEK ✉ - JIŘÍ NOVÁK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: dusek@vulhmop.cz

ORCID: J. Novák 0000-0002-8032-9919

ABSTRACT

The article focuses on the growth response of young stands of Douglas-fir and mixtures of Douglas-fir with Scots pine on nutrient-poor sites. The experiment was established in a seventeen-year-old naturally regenerated stands using a block design with two replications. The silvicultural intervention (thinning) involved reducing the number of trees to 1,800 per hectare in the stand without pine representation and reducing it to approximately 4,000 trees in the less mature stand in the mixture with pine. The results of a thirteen-year time series since the implementation of the initial thinning are presented. The diameter growth of Douglas-fir on these sites is significantly lower compared to Scots pine. Without thinning, Douglas-fir is gradually being displaced by Scots pine in the stand, leading to a decrease in its representation and basal area. The silvicultural intervention have positively influenced diameter increment and improved the static properties of the trees, as expressed by their height-diameter ratio (HDR). In the thinned plot without pine occurrence, it was even possible to temporarily reduce the HDR values of target Douglas-fir trees. In the thinned plot with pine competition, the rate of HDR increase was only reduced compared to the control.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

Klíčová slova: *Pseudotsuga menziesii*; *Pinus silvestris*; pěstování lesa; porostní směsi

Key words: *Pseudotsuga menziesii*; *Pinus silvestris*; silviculture; forest mixtures

ÚVOD

V posledních letech se lesy v České republice potýkají s rozsáhlými kalamitami v převážně smrkových a borových porostech (ZPRÁVA 2022). Vzhledem ke scénářům vývoje klimatu bude zapotřebí hledat i ve spektru introdukovaných dřevin možnou částečnou (ale nikoli převažující) náhradu za ustupující hospodářské dřeviny. Douglaska tisolistá je považována za jednu z perspektivních introdukovaných dřevin ve středoevropských podmínkách (THOMAS et al. 2022; NICOLESCU et al. 2023), jejíž zastoupení v našich lesích by se ze stávajících ca 0,2 % mohlo do budoucna zvýšit až na úroveň 5 % (PODRÁZSKÝ et al. 2016), ačkoli ve střednědobém horizontu není příliš reálné dosáhnout zastoupení přes 2 %.

Douglaska vykazuje poměrně širokou ekologickou amplitudu (ECKHART et al. 2019) a je obecně považována za relativně odolnou vůči

suchu (EILMANN, RIGLING 2012; RAIS et al. 2014; MONDEK et al. 2021; ELFSTROM, POWERS 2023), ačkoli její růst je suchem rovněž negativně ovlivňován (GAZOL et al. 2022). Na široké řadě stanovišť předčí svou objemovou produkcí naše domácí hospodářské dřeviny (KANTOR 2008; KANTOR, MAREŠ 2009; TAUCHMAN et al. 2010; PODRÁZSKÝ et al. 2013; KUBEČEK et al. 2014; MONDEK, BALÁŠ 2019; REMEŠ et al. 2020) a poskytuje velmi kvalitní dřevní surovinu (ZEIDLER et al. 2022). Její vliv na biodiverzitu domácí podrostní flóry je malý až zanedbatelný (THOMAS et al. 2022; GLATTHORN et al. 2023), ačkoli její působení na faunu je méně probádané a spekuluje se o možném negativním vlivu na ornitofaunu (SCHMID et al. 2014). Douglaska také příznivěji ovlivňuje půdu v porovnání s domácími jehličnatými dřevinami (ULBRICHOVÁ et al. 2014; PODRÁZSKÝ et al. 2020; THOMAS et al. 2022), může ale také zvyšovat nitrifikaci (PODRÁZSKÝ et al. 2014; MATĚJKA et al. 2015; ZELLER et al. 2019; PODRÁZSKÝ et al. 2020; THOMAS et al. 2022).

Její invazivní potenciál je na širokém spektru stanovišť pravděpodobně malý až zanedbatelný (LANGE et al. 2022), přesto je zapotřebí mu i do budoucna věnovat pozornost, především na živinově chudších stanovištích s rozvolněným porostním zápojem (MATĚJKA et al. 2015; FREI et al. 2022).

Současným trendem lesního hospodářství je zakládání a pěstování druhově pestrých porostů, od nichž se předpokládá vyšší odolnost proti nepříznivému působení globální změny klimatu. Také douglasku je doporučováno pěstovat ve směsích, a zabránit tak monokulturnímu pěstování této introdukované dřeviny mimo jiné s cílem eliminovat její výrazný odběr živin při rychlém růstu (KUBEČEK et al. 2014; MONDEK, BALÁŠ 2019). Douglaska je však jen částečně stín tolerantní dřevinou (NICOLESCU et al. 2023) a hrozí nebezpečí, že na určitých stanovištích ve směsi s některými domácími v mládí rychleji rostoucími dřevinami bude předrůstána a bez adekvátních výchovných zásahů dojde ke zhoršování její kvality a vitality nebo dokonce k jejímu vymizení.

Cílem práce je vyhodnotit vliv výchovných zásahů na růstovou reakci a prosperitu douglaskových mlazín původem z přirozené obnovy na živinově i srážkově relativně chudých stanovištích SLT 1M a 2K. Je hodnocen vývoj v porostu s dominantním zastoupením douglasky a porostu, kde je douglaska ve směsi s borovicí lesní.

MATERIÁL A METODIKA

V roce 2010 byly ve dvou sedmnáctiletých mlazínách původem z přirozené obnovy založeny výchovné experimenty Polánky I a Polánky II. Oba porosty se nachází ve východních Čechách v okrese Hradec Králové a jsou v majetku společnosti Lesy Colloredo-Mansfeld, s. r. o. Stanoviště patří typologicky do SLT 2K – kyselá buková doubrava (Polánky I) a SLT 1M – borová doubrava (Polánky II). Hustota porostů v době založení experimentů se pohybovala okolo 4 500 jedinců na experimentu Polánky I a 8 000 jedinců na experimentu Polánky II.

Ve dvou sousedících porostech byly založeny dvojice čtvercových ploch o výměře 0,40 ha (20 × 20 m). Jedna plocha z dvojice byla náhodně vylosována jako zásahová, druhá slouží jako kontrola bez výchovných zásahů. Na experimentu Polánky I převládala douglaska s příměsí smrku, břízy a borovice. Plochy experimentu Polánky II vykazovaly menší tloušťkovou a výškovou vyspělost oproti experimentu Polánky I. Dalším specifickým experimentu Polánky II je vysoké zastoupení borovice, která byla již v počátku založení experimentu tloušťkově i výškově vyspělejší ve srovnání s douglaskou.

Na každé ploše byl ještě před určením experimentální varianty vyznačen hektarový počet 775 ks (Polánky I) a 700 ks (Polánky II) cílových stromů douglasky pro následná dendrometrická porovnání. Experimentální zásah ve věku 17 let spočíval primárně v uvolnění cílových jedinců a dále v negativním výběru v podúrovni. Po zásahu zůstal hektarový počet douglasek na experimentu Polánky I 1 300 ks a nepatrnou příměs 175 ks tvořily ostatní dřeviny. Na experimentu Polánky II bylo v borovici zasahováno také do úrovně a nadúrovně (odstraňování obrostlíků a předrostlíků). Po prvním zásahu na experimentu Polánky II zůstaly hektarové počty douglasky na 2 075 a 2 000 ks tvořila borovice. Druhý zásah ve věku 24 let (pouze na experimentu Polánky II) spočíval v další redukci borovice na hektarový počet 1 250 ks ve prospěch douglasky.

Každoročně, mimo růstovou sezónu, jsou prováděna měření výčetních tlouštěk všech stromů a výšek souboru náhodně vybraných stromů reprezentujících celé tloušťkové spektrum. Pro cílové stromy douglasky byl počítán průměrný roční tloušťkový přírůst (*iD*) a relativní průměrný roční tloušťkový přírůst (*riD*).

$$iD = \frac{D_{\text{konec periody}} - D_{\text{začátek periody}}}{\text{počet let periody}}$$

$$riD = \frac{\log(D_{\text{konec periody}}) - \log(D_{\text{začátek periody}})}{\text{počet let periody}}$$

Tloušťkový růst a roční přírůst středního kmene cílových stromů douglasky byl vyjádřen na základě střední kvadratické tloušťky. Výšková funkce byla počítána podle Levakoviče:

$$H = \beta_0 \times \left(\frac{D}{D + 1} \right)^{\beta_1} + 1,3$$

kde *H* je výška stromu v metrech, *D* je výčetní tloušťka v centimetrech a β_0 , β_1 jsou regresní koeficienty.

Hodnoty modelových výšek z výškové funkce byly následně využity pro výpočet stíhlostního kvocientu středního kmene cílových stromů.

Pravděpodobnost odumření stromu jako funkce iniciální výčetní tloušťky a dřeviny byla modelována pomocí logistického regresního modelu (zobecněný lineární model s Bernoulliho rozdělením a logistickou link funkcí).

VÝSLEDKY

Vývoj mortality a výčetní kruhové základny:

Kontrolní plochy experimentů Polánky I a Polánky II vykazovaly výrazně vyšší přirozenou mortalitu stromů v porovnání s plochami, kde byly provedeny výchovné zásahy. Zvláště vysoká byla mortalita douglasky na kontrolní ploše Polánky II vystavené vysokému konkurenčnímu tlaku borovice (obr. 1). Mortalita borovice zde dosahovala necelých 9 % z původního počtu borovic, zatímco mortalita douglasky tvořila téměř 52 %. Podle očekávání, mortalita postihovala především stromy nižších tloušťkových stupňů, tj. většinou stromy podúrovňové a ustupující z úrovně (obr. 2). To se projevilo také na vývoji výčetní kruhové základny. Na experimentu Polánky I výčetní kruhová základna douglasky rostla na obou variantách. Na experimentu Polánky II však vlivem konkurenčního tlaku borovice docházelo k poklesu a ke snižování procentuálního zastoupení výčetní kruhové základny douglasky na kontrolní ploše. Na zásahové ploše experimentu Polánky II výčetní kruhová základna douglasky zaznamenala jen mírný nárůst hraničící se stagnací, a to navzdory druhému výchovnému zásahu ve věku 24 let, spočívajícímu ve výrazné redukci borovice ve prospěch douglasky. Výčetní kruhová základna kontrolní varianty byla na obou experimentech vyšší v porovnání se zásahovou variantou (obr. 3).

Vývoj tloušťky středního kmene a tloušťkového přírůstu cílových stromů douglasky:

Tloušťka středního kmene cílových stromů douglasky rostla rychleji na zásahových plochách v porovnání se souborem cílových stromů na kontrolách a rozdíl se s věkem kontinuálně zvyšoval. Na konci sledování činila na experimentu Polánky I 14 cm (kontrola) a 18,7 cm (zásah) a na experimentu Polánky II 7,3 cm (kontrola) a 8,7 cm (zásah). Průměrný roční tloušťkový přírůst středního kmene cílových stromů douglasky se na experimentu Polánky I pohyboval v rozmezí 0,2–0,4 cm na kontrolní ploše a v rozmezí 0,5–1,1 cm na zásahové ploše. Přírůst na experimentu Polánky II se pohyboval v rozmezí 0,1–0,3 cm na kontrolní a v rozmezí 0,1–0,4 cm na zásahové ploše (obr. 4). Vyšší tloušťkový přírůst cílových stromů douglasky na zásahových plochách je patrný i po zohlednění počáteční výčetní tloušťky na počátku experimentu (obr. 5).

Vývoj výšky a stíhlostního kvocientu cílových stromů douglasky:

Vývoj výšek cílových stromů byl experimentálními zásahy ovlivněn zanedbatelně, pokud vůbec. Podstatné rozdíly ve střední výšce byly nalezeny mezi jednotlivými lokalitami. Střední výška cílových stromů

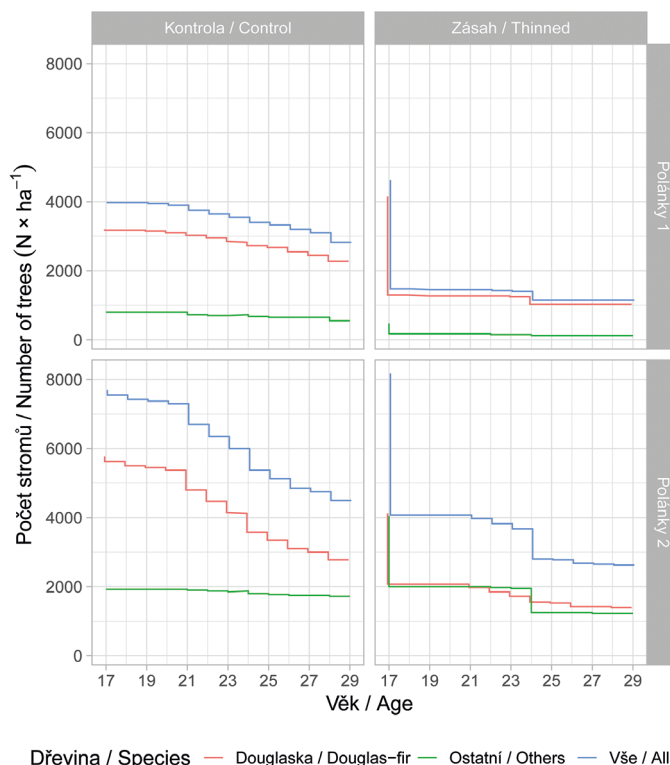
douglasky ve věku 29 let na experimentu Polánky I činila ca 18 m, ale jen necelých 11 m na experimentu Polánky II, což je v souladu s nižší bonitou stanoviště. Výchovné zásahy však vedly k příznivějšímu vývoji štíhlostního kvocientu středního kmene cílových stromů douglasky. Na experimentu Polánky I došlo dokonce vlivem zásahu k jeho poklesu až do věku 25 let a poté následuje mírný nárůst. I tak nepřesáhla hodnotu 100, zatímco na kontrolní ploše přesáhla hodnotu 120. Na experimentu Polánky II štíhlostní kvocient zásahové varianty kontinuálně rostl, ale méně strmě než na kontrole. Hodnotu přes 120 lze nicméně hodnotit jako nepříznivou (obr. 6).

DISKUSE

Ačkoli je douglaska dřevinou, která svými dimenzemi v dospělosti předčí všechny naše domácí dřeviny, může být v raných růstových fázích předrůstána rychle rostoucími dřevinami, jako např. břízou na živných stanovištích. NOVÁK et al. (2019) při hodnocení dynamiky výškového růstu kultur douglasky ve směsi s dalšími dřevinami ve východních Čechách zjistili, že podmínky SLT 1M a 2K vyhovují v tomto stadiu lépe domácí borovici lesní než douglascé tisolisté, která ve výškovém růstu zaostává. I v oblasti svého přirozeného areálu byla například olše červená shledána kompetitorem omezujícím výškový růst (RADOSEVICH et al. 2006) či snižujícím objem kmene (CORTINI, COMEAU 2008) douglasek. LAVERY et al. (2004) proto navrhuje uspořádání douglasky a olše červené do skupin nebo pruhů, kde plochy olše mají šířku alespoň 10 m a jsou vzdálené od sebe ca 20 m. VITALI et al. (2018) navíc upozorňují, že douglaska může být ve směsi v obdobích sucha více stresována než v nesmíšeném porostu. Také EBERHARD et al. (2021) doporučují na základě simulace v růstovém simulátoru MOSES pěstovat douglasku ve skupinovém smíšení a v případě jednotlivého smíšení vzniklého z přirozené obnovy udržovat douglasku ve volném zápoji aplikací včasných a silných výchovných zásahů.

Dobrou schopnost přirozené obnovy douglasky na kyselých stanovištích nižších a středních poloh dokládají KANTOR et al. (2010) a FREI et al. (2022). Na stanovištích SLT 1M a 2K v okolí experimentálních ploch Polánky I a II se v současnosti vyskytují dospělí jedinci douglasky s velmi vysokou hmotností, která je při srovnatelném věku výrazně vyšší než u domácí borovice. To ukazuje na vhodnost pěstování douglasky na tomto stanovišti, ovšem za předpokladu intenzivního uvolňování douglasek od konkurenčního tlaku domácí borovice přinejmenším ve stadiu nárůstů a mlazin.

Při výchově hustých nárůstů douglasky z přirozené obnovy doporučují KANTOR et al. (2010) zahájit první prostřihávky při výšce ca 0,5 m s redukcí hektarové hustoty na 10 000 a druhý zásah realizovat při horní porostní výšce do 2,5 m. Na experimentu Polánky I byly aplikovány první experimentální zásahy při porostní výšce ca 10 m a při výšce ca 6 m na experimentu Polánky II. Na základě hustoty porostů v čase založení experimentů je zřejmé, že již před založením experimentů byly v porostech aplikovány mírné provozní výchovné zásahy, o nichž však nemáme informace. Vývoj douglasek na experimentu Polánky II s výrazným zastoupením konkurující borovice ukazuje, že námi provedené zásahy byly opožděné a z hlediska intenzity nedostatečné, a to i vzhledem k nedostatečně prováděné výchově před založením experimentu. Vývoj téměř čistého porostu douglasky na experimentu Polánky I ukazuje na výrazné zlepšení tloušťkového přírůstu i štíhlostního kvocientu cílových stromů navzdory poměrně pozdnímu zásahu při porostní výšce 10 m. Opětný růst štíhlostního kvocientu od věku 25 let však indikuje potřebu dalšího výchovného zásahu.

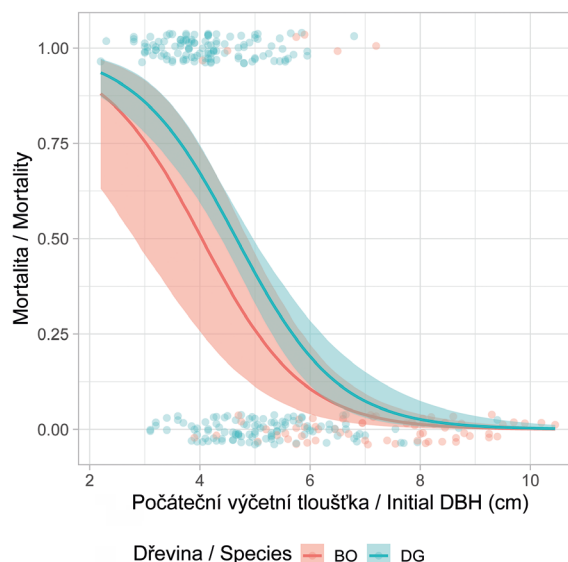


Obr. 1.

Vývoj hektarového počtu stromů podle varianty zásahu, lokality a dřeviny

Fig. 1.

Development of trees number per hectare by treatment, locality and species

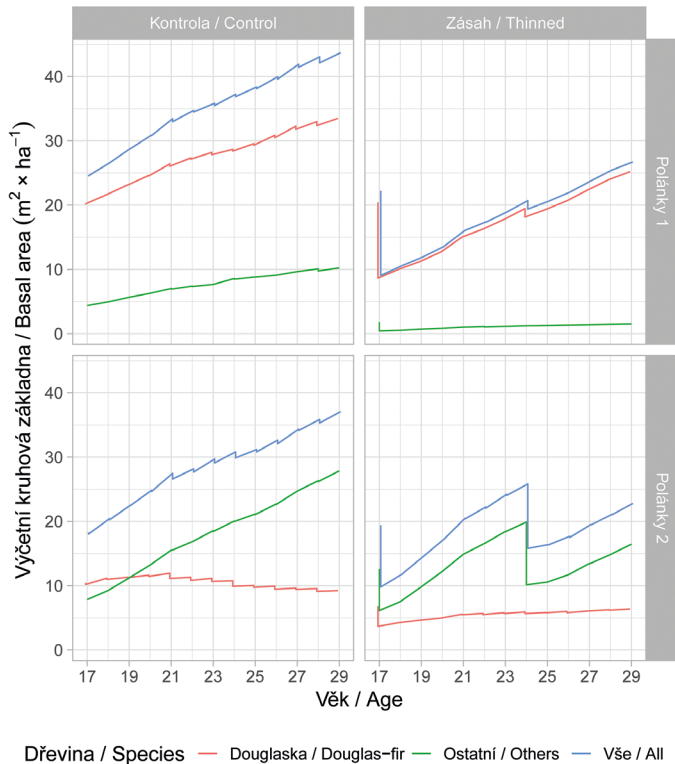


Obr. 2.

Pravděpodobnost odumření stromu v závislosti na iniciální výčetní tloušťce ve věku 17 let a dřevině (DG – douglasky, BO – borovice) na kontrolní ploše experimentu Polánky II

Fig. 2.

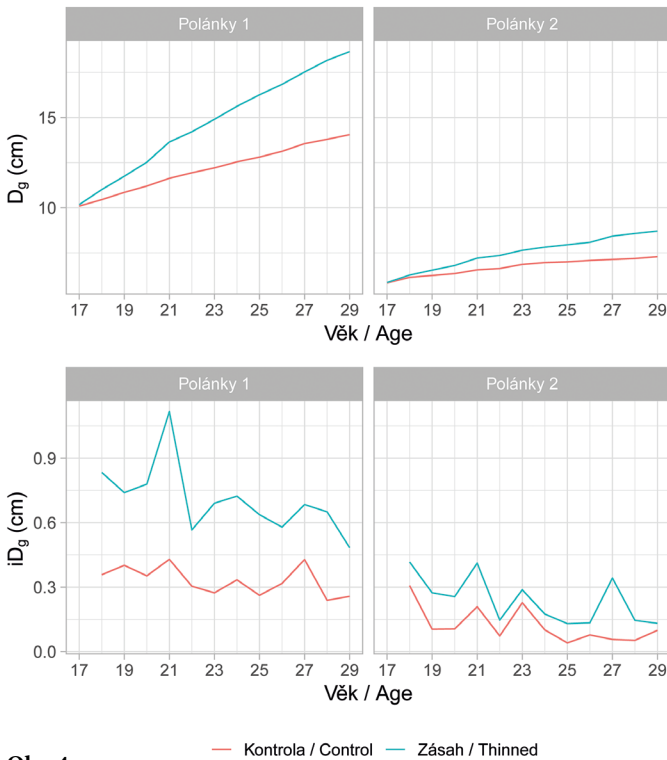
Probability of tree mortality as a function of initial diameter at breast height at the age of 17 years and species (DG – Douglas-fir, BO – Scots pine) on the control plot of the Polánky II experiment



Dřevina / Species — Douglasska / Douglas-fir — Ostatní / Others — Vše / All

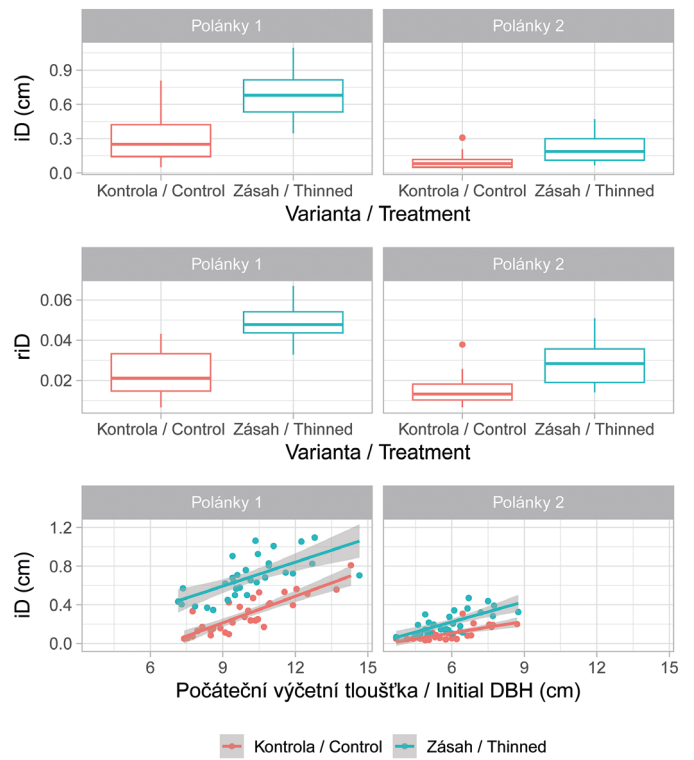
Obr. 3. Vývoj hektarové výčetní kruhové základny podle varianty zásahu, lokality a dřevin

Fig. 3. Development of basal area per hectare by treatment, locality and species



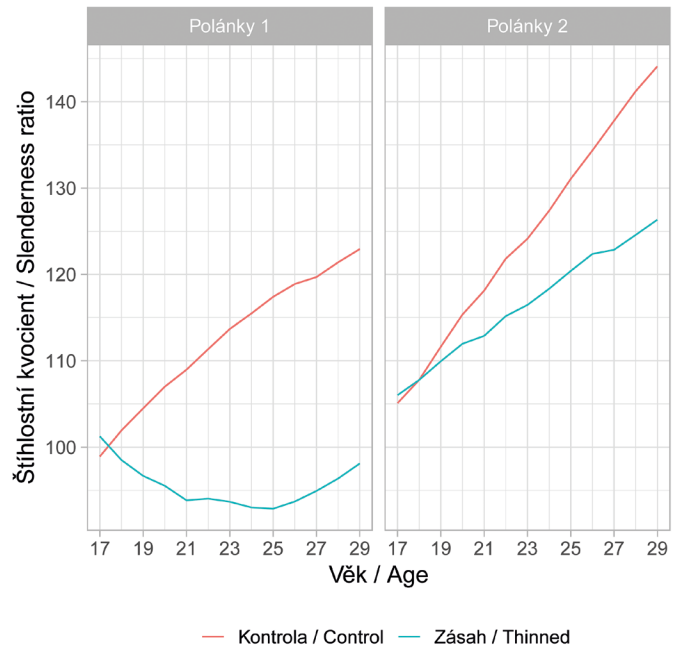
Obr. 4. Vývoj tloušťky středního kmene (D_g) a ročního tloušťkového přírůstu středního kmene (iD_g) cílových stromů douglasky

Fig. 4. Development of mean stem (D_g) and annual radial increment of the mean stem (iD_g) of target Douglas-fir trees



Obr. 5. Krabicové grafy průměrného ročního tloušťkového přírůstu (iD) a relativního průměrného ročního tloušťkového přírůstu (riD) a závislost průměrného ročního tloušťkového přírůstu cílových stromů douglasky na počáteční výčetní tloušťce ve věku 17 let

Fig. 5. Box plots of average annual radial increment (iD) and relative average annual radial increment (riD) and the dependence of the average annual radial increment of target Douglas-fir trees on the initial diameter at breast height at the age of 17 years



Obr. 6. Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene cílových stromů douglasky

Fig. 6. Development of the slenderness quotient of the mean stem of target Douglas-fir trees

ZÁVĚR

V podmínkách živinově relativně chudých stanovišť SLT 2K a především 1M je douglaska v mladých porostech (mlaziny a nárosty) pod silným konkurenčním tlakem borovice, za kterou v této fázi růstově zaostává. Pro vypěstování stabilních a kvalitních jedinců douglasky ve směsi s borovicí je na těchto stanovištích nezbytné provádět silné uvolňování kvalitních douglasek již od fáze nárostů a mlazin. Bez tohoto uvolňování bude pravděpodobně docházet k masivní přirozené mortalitě douglasky s postupným převládáním borovice. Vzhledem k nižší životaschopnosti douglasky v raných růstových fázích na stanovištích SLT 1M a 2K doporučujeme soustředit pěstební podporu jen na příměs nejkvalitnějších jedinců douglasky s perspektivou následného umělého vyvětvování a tvorby cenných sortimentů. Uvolňování většího množství douglasek ve směsi s borovicí nese riziko současného rozvolnění borovice s následnou tvorbou obrostlíků. Doporučitelnou a pěstebně jednodušší variantou při umělé obnově je tvorba skupinového smíšení. Včasné výchovné zásahy jsou také klíčové pro vytvoření příznivého stihlostního kvocientu cílových stromů. Zásahy nedostatečné intenzity či zásahy opožděné vedou k rychlému přeštíhnutí stromů, a tím k nízké stabilitě jednotlivých stromů i celých porostů. Vzhledem k nízké konkurenceschopnosti douglasky v raných růstových fázích na stanovištích SLT 1M a 2K lze konstatovat, že riziko jejího invazivního šíření je zde zanedbatelné.

Poděkování:

Článek vznikl v rámci řešení grantového projektu NAZV QK22020045 „Potenciál geograficky nepůvodních druhů dřevin v lesním hospodářství ČR“ a na základě institucionální podpory Ministerstva zemědělství MZE-RO0123.

LITERATURA

- CORTINI F., COMEAU P.G. 2008. Effects of red alder and paper birch competition on juvenile growth of three conifer species in southwestern British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 256 (10): 1795–1803. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.03.022
- EBERHARD B.R., ECKHART T., HASENAUER H. 2021. Evaluating strategies for the management of Douglas-fir in Central Europe. *Forests*, 12 (8). DOI: 10.3390/f12081040
- ECKHART T., POTZELSBERGER E., KOECK R., THOM D., LAIR G.J., VAN LOO M., HASENAUER H. 2019. Forest stand productivity derived from site conditions: an assessment of old Douglas-fir stands (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*) in Central Europe. *Annals of Forest Science*, 76: 19. DOI: 10.1007/s13595-019-0805-3
- EILMANN B., RIGLING A. 2012. Tree-growth analyses to estimate tree species' drought tolerance. *Tree Physiology*, 32 (2): 178–187. DOI: 10.1093/treephys/tps004
- ELFSTROM L.M., POWERS M.D. 2023. Effects of thinning on tradeoffs between drought resistance, drought resilience, and wood production in mature Douglas-fir in western Oregon, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 53 (8). DOI: 10.1139/cjfr-2022-02351
- FREI E.R., MOSER B., WOHLGEMUTH T. 2022. Competitive ability of natural Douglas fir regeneration in central European close-to-nature forests. *Forest Ecology and Management*, 503: 119767. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119767
- GAZOL A., VALERIANO C., CANTERO A., VERGARECHEA M., CAMARERO J.J. 2022. Douglas fir growth is constrained by drought: Delineating the climatic limits of timber species under seasonally dry conditions. *Forests*, 13 (11): 1796. DOI: 10.3390/f13111796
- GLATTHORN J., APPLEBY S., BALKENHOL N., KRIEGEL P., LIKULUNGA L.E., LU J.Z., MATEVSKI D., POLLE A., RIEBL H., PEREZ C.A.R., SCHEU S., SEINSCHE A., SCHALL P., SCHULD T., WINGENDER S., AMMER C. 2023. Species diversity of forest floor biota in non-native Douglas-fir stands is similar to that of native stands. *Ecosphere*, 14 (7). DOI: 10.1002/ecs2.4609
- KANTOR P. 2008. Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 54 (7): 321–332. DOI: 10.17221/35/2008-JFS
- KANTOR P., MAREŠ R. 2009. Production potential of Douglas fir in acid sites of Hůrky Training Forest District, Secondary Forestry School in Písek. *Journal of Forest Science*, 55 (7): 312–322. DOI: 10.17221/2/2009-JFS
- KANTOR P., BUŠINA F., KNOTT R. 2010. Postavení douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) a její přirozená obnova na školním poli Hůrky středních lesnických škol Písek. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (4): 251–263.
- KUBEČEK J., ŠTEFANČÍK I., PODRÁZSKÝ V., LONGAUER R. 2014. Results of the research of Douglas-fir in the Czech Republic and Slovakia: a review. *Central European Forestry Journal*, 60 (2): 116–124. DOI: 10.2478/forj-2014-0012
- LANGE F., AMMER C., LEITINGER G., SELIGER A., ZERBE S. 2022. Is Douglas fir [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] invasive in Central Europe? A case study from South-West Germany. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5: 844580. DOI: 10.3389/ffgc.2022.844580
- LAVERY J.M., COMEAU P.G., PRESCOTT C.E. 2004. The influence of red alder patches on light, litterfall, and soil nutrients in adjacent conifer stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 34 (1): 56–64. DOI: 10.1139/X03-194
- MATEJKA K., PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., MARTINÍK A. 2015. Srovnání bylinné etáže v porostech douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) a v porostech jiných dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (3): 201–210.
- MONDEK J., BALÁŠ M. 2019. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and its role in the Czech forests. *Journal of Forest Science*, 65 (2): 41–50. DOI: 10.17221/9/2019-JFS
- MONDEK J., MATEJKA K., GALLO J., PROKUPKOVA A., HAJE V. 2021. *Picea abies* and *Pseudotsuga menziesii* radial growth in relation to climate: case study from South Bohemia. *Austrian Journal of Forest Science*, 138 (3): 209–244.
- NICOLESCU V.N., MASON W.L., BASTIEN J.C., VOR T., PETKOVA K., PODRÁZSKÝ V., DODAN M., PERIC S., LA PORTA N., BRUS R., ANDRASEV S., SLAVIK M., MODRANSKY J., PASTOR M., REDEI K., CVJETKOVIC B., SIVACIOGLU A., LAVNYI V., BUZATU-GOANTA C., MIHAILESCU G. 2023. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Europe: an overview of management practices. *Journal of Forestry Research*, 34 (4): 871–888. DOI: 10.1007/s11676-023-01607-4
- NOVÁK J., DUŠEK D., KACÁLEK D. 2019. Růst kultur douglasky ve směsi s domácími dřevinami na různých lesních stanovištích. [Growth of juvenile Douglas-fir mixed with native tree species on different forest sites]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 64 (3): 133–139.
- PODRÁZSKÝ V., ČERMÁK R., ZAHRADNÍK D., KOUBA J. 2013. Production of Douglas-fir in the Czech Republic based on national forest inventory data. *Journal of Forest Science*, 59 (10): 398–404. DOI: 10.17221/48/2013-JFS

- PODRÁZSKÝ V., MARTINÍK A., MATĚJKA K., VIEWEGH J. 2014. Effects of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) on understorey layer species diversity in managed forests. *Journal of Forest Science*, 60 (7): 263–271. DOI: 10.17221/49/2014-JFS
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., SLOUP R., PULKRAB K., NOVOTNÝ S. 2016. Douglas-fir – partial substitution for declining conifer timber supply – review of Czech data. *Wood Research*, 61 (4): 525–529.
- PODRÁZSKÝ V., KUPKA I., PRKNOVÁ H. 2020. Substitution of Norway spruce for Douglas-fir: changes of soil microbial activities as climate change induced shift in species composition - a case study. *Central European Forestry Journal*, 66 (2): 71–77. DOI: 10.2478/forj-2020-0007
- RADOSEVICH S.R., HIBBS D.E., GHERSA C.M. 2006. Effects of species mixtures on growth and stand development of Douglas-fir and red alder. *Canadian Journal of Forest Research*, 36 (3): 768–782. DOI: 10.1139/X05-280
- RAIS A., VAN DE KUILEN J.W.G., PRETZSCH H. 2014. Growth reaction patterns of tree height, diameter, and volume of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) under acute drought stress in Southern Germany. *European Journal of Forest Research*, 133 (6): 1043–1056. DOI: 10.1007/s10342-014-0821-7
- REMEŠ J., PULKRAB K., BÍLEK L., PODRÁZSKÝ V. 2020. Economic and production effect of tree species change as a result of adaptation to climate change. *Forests*, 11 (4): 431. DOI: 10.3390/f11040431
- SCHMID M., PAUTASSO M., HOLDENRIEDER O. 2014. Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research*, 133 (1): 13–29. DOI: 10.1007/s10342-013-0745-7
- TAUCHMAN P., HART V., REMEŠ J. 2010. Srovnání produkce porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/ FRANCO) s porostem smrku ztepilého (*Picea abies* L. KARST.) a stanoviště původním smíšeným porostem středního věku na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (3): 187–194.
- THOMAS F.M., RZEPECKI A., WERNER W. 2022. Non-native Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) in Central Europe: Ecology, performance and nature conservation. *Forest Ecology and Management*, 506: 119956. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119956
- ULBRICHOVÁ I., KUPKA I., PODRÁZSKÝ V., KUBEČEK J., FULÍN M. 2014. Douglaska jako meliorační a zpevňující dřevina. [Douglas-fir as a soil improving species]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59 (1): 72–78.
- VITALI V., FORRESTER D.I., BAUHUS J. 2018. Know your neighbours: drought response of Norway spruce, silver fir and Douglas fir in mixed forests depends on species identity and diversity of tree neighbourhoods. *Ecosystems*, 21 (6): 1215–1229. DOI: 10.1007/s10021-017-0214-0
- ZEIDLER A., BORŮVKA V., ČERNÝ J., BALÁŠ M. 2022. Douglas-fir outperforms most commercial European softwoods. *Ind Crop Prod*, 181. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114828
- ZELLER B., LEGOUT A., BIENAIMÉ S., GRATIA B., SANTENOISE P., BONNAUD P., RANGER J. 2019. Douglas fir stimulates nitrification in French forest soils. *Scientific Reports*, 9 (1): 10687. DOI: 10.1038/s41598-019-47042-6
- ZPRÁVA. 2022. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021. Praha, MZe ČR: 140 s.

GROWTH OF YOUNG DOUGLAS-FIR STANDS IN RELATION TO THINNING AND COMPETITIVE PRESSURE FROM SCOTS PINE ON NUTRIENT-POOR SITES

SUMMARY

In recent years, forests in the Czech Republic have been facing extensive calamities, primarily in spruce and pine stands (ZPRÁVA 2022). Given the climate change scenarios, it will be necessary to explore potential partial (but not predominant) substitution for declining commercial tree species within the spectrum of introduced tree species. Douglas-fir is considered one of the promising introduced tree species, and its representation in our forests, currently at around 0.2%, could potentially increase to up to 5% in the future (PODRÁZSKÝ et al. 2016). The aim of this study is to evaluate the impact of silvicultural interventions (thinning) on the growth response and prosperity of Douglas-fir saplings originating from natural regeneration on relatively nutrient- and precipitation-poor sites. The study assesses the development in stands dominated by Douglas-fir and stands where Douglas-fir is mixed with Scots pine.

In 2010, two adjacent seventeen-year-old stands originating from natural regeneration (Polánky I and Polánky II) were selected. Both stands are located in Eastern Bohemia (Czech Republic). The sites are typologically classified as *Fageto-Quercetum acidophilum* (Polánky I) and *Pineto-Quercetum oligotrophicum* (Polánky II). The stand density was around 4 500 individuals in Polánky I and 8 000 individuals in Polánky II. In two adjacent stands, pairs of square plots measuring 0.40 hectares (20 × 20 m) were established. One plot from each pair was randomly selected for intervention (thinning), while the other served as a control without any management interventions. As for Polánky I, the dominant species was Douglas-fir, with some spruce, birch, and pine mixed in. The plots in Polánky II exhibited less thickness and height development compared to Polánky I. Another specific feature of Polánky II was the high representation of Scots pine, which was already thicker and taller than Douglas-fir. On each plot, before determining the experimental treatment, a hectare count of 775 target trees (Polánky I) and 700 target trees (Polánky II) were marked for subsequent dendrometric comparisons. The experimental intervention at the age of 17 primarily involved releasing the target individuals and negative selection in the bellow. After the intervention, the hectare count of Douglas-firs on Polánky I was 1,300 trees, with a minimal addition of 175 trees from other species. After the initial intervention in the Polánky II experiment, the hectare counts of Douglas-fir trees remained at 2,075, with 2,000 pine trees. The second intervention at the age of 24 (only in the Polánky II experiment) involved further reducing the pine population to 1,250 trees per hectare in favor of Douglas-fir.

The control plots of the Polánky I and Polánky II experiments exhibited significantly higher natural tree mortality compared to the plots where silvicultural treatments were carried out. Particularly high was the mortality of Douglas-fir on the control plot of Polánky II, which was subjected to intense competition pressure from pine (Fig. 1). Pine mortality there reached just under 9% of the original count, while Douglas-fir mortality was just under 52%. As expected, mortality primarily affected trees of smaller diameter classes, mainly subdominant and suppressed trees (Fig. 3). This also had an impact on the development of the basal area. In the Polánky I experiment, the basal area of Douglas-fir increased in both variants. In the Polánky II experiment, however, due to competitive pressure from pine, there was a decline and a decrease in the percentage representation of the basal area of Douglas-fir on the control plot. In the thinned plot of the Polánky II experiment, the basal area of Douglas-fir recorded only a slight increase, despite the second silvicultural treatment at the age of 24, which involved a significant reduction of pine in favor of Douglas-fir. The basal area of the control treatment was higher on both experiments compared to the intervention variant (Fig. 2).

The diameter of the mean stem of target Douglas-fir trees grew faster in the thinned plots compared to the set of target trees in the control plots, and the difference continuously increased with age. At the end of the observation period, in Polánky I experiment, it measured 14 cm (control) and 18.7 cm (thinned), and in Polánky II experiment, it measured 7.3 cm (control) and 8.7 cm (thinned). The average annual diameter increment of the mean stem of target Douglas-fir trees in Polánky I experiment ranged from 0.2 to 0.4 cm in the control plot and from 0.5 to 1.1 cm in the thinned plot. In Polánky II experiment, the increment ranged from 0.1 to 0.3 cm in the control plot and from 0.1 to 0.4 cm in the thinned plot (Fig. 4). The higher diameter increment of target Douglas-fir trees in the thinned plots is evident even after accounting for the initial stem diameter at the beginning of the experiment (Fig. 5).

Thinning led to a more favorable development of height-diameter ratio (HDR) of the mean stem of Douglas-fir target trees. In the Polánky I experiment, the intervention even resulted in a decrease in HDR until the age of 25, followed by a slight increase. However, it did not surpass the value of 100, while in the control plot, it exceeded 120. In the Polánky II experiment, HDR of the thinned plot continuously increased, but less steeply than in the control plot. However, a value exceeding 120 can still be considered unfavorable (Fig. 6).

In conditions of relatively nutrient-poor habitats, Douglas-fir in young stands faces strong competition pressure from pine, which outpaces its growth. To cultivate stable and high-quality Douglas-fir individuals in a mixture with pine on these sites, it is essential to perform vigorous thinning of high-quality Douglas-firs from the early growth and sapling stages. Without this thinning, there is likely to be a significant natural mortality of Douglas-fir with the gradual dominance of pine. Due to the lower viability of Douglas-fir in the early growth stages, we recommend focusing silvicultural support only on the admixture of the highest quality Douglas-fir individuals with the prospect of subsequent artificial pruning and the formation of valuable assortments on *Fageto-Quercetum acidophilum* and *Pineto-Quercetum oligotrophicum* sites. Timely silvicultural interventions are also crucial for achieving a favorable HDR of the target trees. Thinning of insufficient intensity or delayed thinning lead to rapid tree overstocking and, consequently, low stability of individual trees and entire stands.

Zasláno/Received: 18. 09. 2023

Přijato do tisku/Accepted: 08. 11. 2023